



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0137712

(43) 공개일자 2015년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/0236

(2006.01)

H01L 31/0256 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0066050

(22) 출원일자 2014년05월30일

심사청구일자 2014년05월30일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

문준혁

서울특별시 양천구 목동남로2길 60-7, 103동 603호 (신정동, 양천중앙하이츠아파트)

하수진

서울특별시 서대문구 이화여대1길 10, 1011호 (대현동, 에스에이피엠아파트)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 12 항

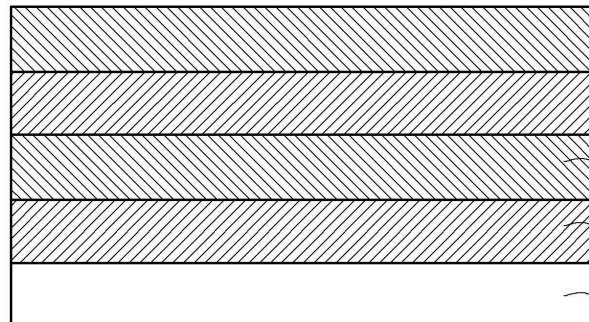
(54) 발명의 명칭 **염료감응 태양전지 광전극용 차단층 및 이의 제조 방법**

(57) 요약

전도성 투명 기재에 교대로 증착된 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층을 포함하는 염료감응 태양전지 광전극용 차단층, 상기 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법, 상기 염료감응 태양전지 광전극용 차단층을 포함하는 광전극, 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

대표도 - 도1

•
•
•



산화티타늄 층

산화물 층

기재

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201332017

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)한국연구재단

연구사업명 나노소재기술개발사업

연구과제명 제한공간 내 자기조립을 이용한 계층형 광전변환소재 구조제어 및 광전특성

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

전도성 투명 기재에 교대로 증착된 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층을 포함하며, 상기 산화물은 산화티타늄과 상이한 산화물을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 산화티타늄 층과 상기 산화물 층 각각은 산화물 형성용 전구체 및 산화티타늄 형성용 전구체를 각각 이용하여 원자층증착법을 이용하여 산화물 및 산화티타늄 각각의 단분자층 두께로 형성된 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 산화티타늄 층과 상기 산화물 층은 각각 복수층으로 증착되는 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 산화물 층은 Zn, Nb, Al, Si, Cu, Zr, Fe, Zn, In, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층.

청구항 5

원자층증착 챔버에 위치된 전도성 투명 기재 상에 산화물 형성용 전구체를 주입한 후 산소 원자-함유 기체를 주입하여 반응시켜 원자층증착법에 의하여 층을 형성하고;

상기 산화물 층 상에 산화티타늄 형성용 전구체를 주입한 후 산소 원자-함유 기체를 주입하여 반응시켜 원자층증착법에 의하여 산화티타늄 층을 형성하는 것

을 포함하는, 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 산소 원자-함유 기체는 수증기, 산소 또는 오존을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 산화물 층을 형성하는 것과 상기 산화티타늄 층을 형성하는 것을 각각 복수회 반복 수행하는 것을 포함하는, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 산화물 층과 상기 산화티타늄 층 각각의 한 층의 두께는 단분자층 두께를 가지는 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 염료감응 태양전지 광전극용 차단층, 및 상기 차단층에 형성된 반도체 층을 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극.

청구항 10

전도성 투명 기재에 원자층증착법에 의하여 산화물 층과 산화티타늄 층을 교대로 원자층 증착법에 의하여 증착하여 산화물 층과 산화티타늄 층을 함유하는 복합층을 포함하는 차단층을 형성하고;

상기 차단층에 반도체 층을 형성하는 것

을 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 차단층과 상기 반도체층을 열처리하는 것을 추가 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 12

제 10 항 또는 제 11 항에 따른 방법에 의하여 제조된 염료감응 태양전지용 광전극;

상기 광전극에 흡착된 감광성 염료;

상기 염료가 흡착된 광전극에 대향되는 상대전극; 및

상기 광전극과 상기 상대전극 사이에 위치하는 전해질

을 포함하는, 염료감응형 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본원은, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층, 상기 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법, 상기 염료감응 태양전지 광전극용 차단층을 포함하는 광전극, 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

일반적으로 태양전지는 태양의 빛에너지를 전기에너지로 변환시키는 소자이다. 태양전지는 무한한 에너지원인 태양광을 이용해 전기를 생산하는 도구로서, 이미 우리 생활에 널리 이용되고 있는 실리콘 태양전지가 대표적이

며, 최근 차세대 태양전지로서 염료감응형 태양전지가 연구되고 있다.

[0003] 염료감응 태양전지는 비록 태양 광을 전기로 바꾸주는 효율이 결정질 실리콘계 태양전지의 절반 수준에 불과하지만, 제조비용을 5 분의 1 이하 수준으로 낮출 수 있다는 장점이 있고, 계절의 변화에 상관없이 작동할 수 있다는 점에서 주목을 받고 있다. 현재 염료감응 태양전지의 효율은 약 11%에 도달하는 것으로 알려져 있다. 향후 이 전지는 상용화 효율이 약 20%이고 다양한 응용가능성을 지니고 있어, 세계적으로 많은 연구자들과 기업들의 집중적인 연구가 수행되고 있다.

[0004] 염료감응 태양전지는 1991년 스위스 로잔공대(EPFL) 화학과의 미카엘 그라첼(Michael Gratzel) 교수가 처음 개발에 성공, 미국 네이처지에 소개되면서 알려졌다. 염료감응 태양전지는 간단한 구조로 인해 기존 실리콘계 태양전지보다 제조 공정이 간편한 편이다. 보통 결정질 실리콘 태양전지의 가격은 와트당 2.5달러 선인데, 염료감응 태양전지는 와트당 1달러 이하로 제작할 수 있다고 산업계 전문가들은 말하고 있다. 다만 태양광 에너지를 전기로 얼마나 많이 바꾸느냐의 효율면에서는 상업용 결정질 실리콘 태양전지가 약 14% 내지 약 17% 수준인 반면, 상업용 염료감응 태양전지는 아직 약 4% 내지 약 7% 수준에 그치고 있다.

[0005] 통상의 염료감응 태양전지의 작동 원리는 다음과 같다.

[0006] 태양빛에 의해 여기된 염료들이 전자를 나노입자 산화티타늄의 전도대에 주입한다. 그 주입된 전자들은 나노입자 산화티타늄을 통과하여 전도성 기재에 도달하여 외부회로로 전달된다. 여기서, 상기 반도체 기재를 구성하는 산화티타늄 나노입자들과 전도성 기재와의 사이에 접촉면적에 따라 나노입자 산화티타늄으로부터 전도성 기재까지 전달된 전자의 에너지 변환 효율이 큰 영향을 받게 된다. 즉, 나노입자 산화티타늄으로부터 전도성 기재까지 전달된 전자들 중 일부는 상기 전도성 기재 중 상기 나노입자 산화티타늄과 접촉되어 있지 않고 전해질 용액에 노출되어 있는 부분을 통해 전해질로 다시 사라지게 된다.

[0007] 그러나, 통상의 염료감응 태양전지에서는 반도체 전극을 구성하는 산화티타늄의 입자 형태가 구형, 타원형, 또는 그와 유사한 입자 형태를 가지므로 산화티타늄과 전도성 기재와의 사이의 접촉 면적을 확보하는데 제한이 있다. 그 결과, 반도체 전극의 전도성 기재에서 전해질에 노출된 표면을 통한 전자 손실로 인하여 원하는 에너지 변환 효율을 확보하는 데 한계가 있었다.

[0008] 염료감응 태양전지와 관련하여, 대한민국 공개특허 제2012-0036655호에서는 차단층을 포함하는 염료감응 태양전지에 대하여 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본원의 일 구현예는, 교대로 증착된 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층을 포함하는 염료감응 태양전지 광전극용 차단층, 상기 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법, 상기 염료감응 태양전지 광전극용 차단층을 포함하는 광전극, 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지를 제공하고자 한다.

[0010] 다만, 본원의 구현예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본원의 제 1 측면은, 전도성 투명 기재에 교대로 증착된 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층을 포함하며, 상기 산화물은 산화티타늄과 상이한 산화물을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층을 제공한다.

[0012] 본원의 제 2 측면은, 원자층증착 챔버에 위치된 전도성 투명 기재 상에 산화물 형성용 전구체를 주입한 후 산소 원자-함유 기체를 주입하여 반응시켜 원자층증착법에 의하여 산화물 층을 형성하고; 상기 산화물 층 상에 산화티타늄 형성용 전구체를 주입한 후 산소 원자-함유 기체를 주입하여 반응시켜 원자층증착법에 의하여 산화티타늄 층을 형성하는 것을 포함하는, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법을 제공한다.

[0013] 본원의 제 3 측면은, 상기 제 1 측면에 따른 염료감응 태양전지 광전극용 차단층 및 상기 차단층에 형성된 반도체 층을 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극을 제공한다.

[0014] 본원의 제 4 측면은, 전도성 투명 기재에 원자층증착법에 의하여 산화물 층과 산화티타늄 층을 교대로 원자층증

작법에 의하여 증착하여 산화물 층과 산화티타늄 층을 함유하는 복합층을 포함하는 차단층을 형성하고; 상기 차단층에 반도체 층을 형성하는 것을 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 제공한다.

[0015] 본원의 제 5 측면은, 상기 제 3 측면에 따른 염료감응 태양전지용 광전극; 상기 광전극에 흡착된 감광성 염료; 상기 염료가 흡착된 광전극에 대향되는 상대전극; 및 상기 광전극과 상기 상대전극 사이에 위치하는 전해질을 포함하는, 염료감응형 태양전지를 제공한다.

발명의 효과

[0016] 전술한 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 염료감응 태양전지의 전자 차단층의 제조 방법은 화학적으로 달라붙은 단원자층의 현상을 이용한 나노 막 증착 기술을 기본으로 한 것으로서, 전도성 기재에서 산화티타늄과 산화티타늄과 상이한 산화물의 분자 흡착과 치환을 번갈아 진행함으로써 원자층증착법에 의해 원자층 두께의 초 미세 층간 증착이 가능하다.

[0017] 이와 관련하여, 상기 차단층에 반도체 층을 형성한 후 열처리하여 광전극을 제조할 때 상기 열처리에 의하여 상기 차단층 내의 산화티타늄 입자 간의 소결, 결정화 등이 발생하고 이의 결과로 핀홀 등이 형성되어 차단층의 역할이 저하된다. 이러한 핀홀은 광전극에 포함된 반도체 층이 전도성 투명 기재에 바로 드러나게 되도록 하여 결국 태양 전지의 효율을 감소시키는 문제점이 있다.

[0018] 그러나, 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 차단층에 포함된 원자층 증착에 의하여 단원자층 두께로 적층된 각 산화물 층에 의하여 상기한 광전극 형성 시 열처리에 의한 차단층 내 산화티타늄 입자 간 소결, 결정화가 억제되어 결과적으로 차단층 내 핀홀(pinhole)이 발생하는 것을 억제하여, 광전극에 있어서 상기 차단층 위에 형성된 반도체 층과 전도성 기재 사이의 차단 효과가 향상되어 전도성 기재와 태양 전지 내의 전해질 계면에서 이뤄지는 전자 재결합을 감소시킴으로써 성능이 개선된 염료감응 태양전지의 제조가 가능하다.

[0019] 전술한 본원의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 산화물과 전해질의 밴드 에너지 차에 의해서 산화물의 경우 전도성 기재에서 전해질로서 전하이동을 효과적으로 차단하여 전지의 전압을 증가시키는 효과가 있으며, 산화티타늄의 경우 전극 내 전자밀도를 증가시키는 효과가 있다. 따라서 상기 본원의 일 구현예에 따른 차단층을 적용하여 광-전기변환효율을 높일 수 있는 염료감응 태양전지 및 이의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은, 본원의 일 구현예에 있어서, 산화물 층과 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층 구조의 개략도이다.

도 2는, 본원의 일 실시예에 있어서, 산화아연 층과 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층을 포함하는 염료감응형 태양전지의 전류-전압(I-V) 특성 그래프이다.

도 3은, 본원의 일 실시예에 있어서, 산화아연 층과 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층을 포함하는 염료감응형 태양전지의 임피던스(impedance) 특성 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0022] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 “연결”되어 있다고 할 때, 이는 “직접적으로 연결”되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 “전기적으로 연결”되어 있는 경우도 포함한다.

[0023] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0024] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “약”, “실질적으로” 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대

적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “~(하는) 단계” 또는 “~의 단계”는 “~를 위한 단계”를 의미하지 않는다.

[0025] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 “이들의 조합”의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.

[0026] 본원 명세서 전체에서, “A 및/또는 B”의 기재는 “A 또는 B, 또는 A 및 B”를 의미한다.

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본원이 이러한 구현예 및 실시예와 도면에 제한되지 않을 수 있다.

[0028] 본원의 제 1 측면은, 전도성 투명 기재에 교대로 증착된 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층을 포함하며, 상기 산화물은 산화티타늄과 상이한 산화물을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층을 제공한다.

[0029] 통상적으로, 차단층으로서 산화티타늄 층을 형성하는 과정에서 산화티타늄 층의 열처리 또는 추후 광전극 형성 후 열처리에 의하여 상기 차단층에 포함된 산화티타늄 층이 결정화가 될 때 핀홀(pinhole) 등이 발생하게 되며, 이로 인해 상기 산화티타늄 층 아래에 있는 전도성 투명 기재가 광전극에 포함된 반도체 층에 직접 드러나게 되어 차단층으로서의 효과를 감소시키는 문제가 있다. 그러나, 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 차단층은 산화물 층과 산화티타늄 층을 원자층 증착법에 의하여 단분자 수준의 두께로 교대로 증착함으로써, 상기 산화물에 의하여 상기 차단층 내 핀홀(pinhole) 발생을 억제할 수 있고, 이로 인해 상기 차단층 아래에 있는 상기 전도성 투명 기재가 드러나는 것을 방지할 수 있다.

[0030] 도 1은, 본 구현예에 있어서, 상기 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층을 포함하는 차단층 구조의 개략도이다. 도 1에 나타난 바와 같이, 상기 차단층은 산화물 층과 산화티타늄 층이 교대로 증착되고, 각각의 복수의 층을 포함할 수 있다.

[0031] 상기 산화물 층과 상기 산화티타늄을 포함하는 상기 차단층은, 산화물과 전해질의 밴드 에너지 차에 의해서 산화물의 경우 전도성 기재에서 전해질로의 전하이동을 효과적으로 차단하여 전지의 전압을 증가시키는 효과가 있을 수 있으며, 산화티타늄의 경우 전극 내 전자밀도를 증가시키는 효과가 있을 수 있다.

[0032] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전도성 투명 기재는 투명 기재 상에 전도성 투명 전극을 증착하여 제조할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 투명 기재로는 외부광의 입사가 가능하도록 투명성을 가지는 물질이라면 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 유리 기재 또는 투명 고분자 기재를 사용할 수 있다. 상기 투명 기재로서 사용할 수 있는 투명 고분자 기재의 재료로는, 예를 들어, 폴리프로필렌(PP), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리카보네이트(PC), 트리아세틸셀룰로오스(TAC), 또는 이들의 공중합체 등을 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 투명 기재 상에 형성되는 상기 전도성 투명 전극은, 인듐 틴 옥사이드(ITO), 플루오린 틴 옥사이드(FTO), 안티몬 틴 옥사이드(ATO), 산화아연(ZnO), 산화주석(SnO₂), ZnO-Ga₂O₃, ZnO-Al₂O₃, SnO₂-Sb₂O₃, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 전도성 금속 산화물을 포함하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 전도성 투명 전극은, 전도성, 투명성, 및 내열성이 우수한 산화주석(SnO₂), 또는 비용 면에서 저렴한 인듐 틴 옥사이드(ITO)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 전도성 투명 기재는, 태양광과 같은 빛이 투과되어 내부로 입사될 수 있도록 하여 다공성 광전극으로 이용할 수 있도록 하기 위함이다. 그리고, 본원을 설명하는 명세서에서 “투명”이라는 단어의 의미는 소재의 광 투과율이 100%인 경우뿐만 아니라 광 투과율이 높은 경우를 모두 포함한다.

[0033] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층에 있어서, 상기 산화물 층은 산화티타늄과 상이한 것으로서, 상기 산화물 층은 Zn, Nb, Al, Si, Cu, Zr, Fe, In, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 산화물 층은 1 종 이상의 산화물을 포함할 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층은 산화아연, 산화알루미늄, 산화니오븀 및 산화규소 중 1 종 이상을 포함할 수 있으나,

이에 제한되지 않을 수 있다.

- [0034] 예를 들어, 상기 산화물 층은 1 종 이상의 산화물을 포함할 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층은 산화아연, 또는 산화아연에 추가로 산화알루미늄, 산화니오븀 및/또는 산화규소를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0035] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화티타늄 층과 상기 산화물 층 각각은 산화물 형성용 전구체 및 산화티타늄 형성용 전구체를 각각 이용하여 원자층증착법을 이용하여 산화물 및 산화티타늄 각각의 단분자층 두께로 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화티타늄 층과 상기 산화물 층은 각각 복수층으로 증착되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층과 상기 산화티타늄 층의 두께는 각각 약 수 옴스트롱(10^{-10} m) 단위로 증착되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층과 상기 산화티타늄 층은 각각 약 100 층 이하로 증착되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 산화물 층과 상기 산화티타늄 층은, 예를 들어, 각각 약 100 층 이하, 약 95 층 이하, 약 90 층 이하, 약 85 층 이하, 약 80 층 이하, 약 75 층 이하, 약 70 층 이하, 약 65 층 이하, 약 60 층 이하, 약 55 층 이하, 약 50 층 이하, 약 45 층 이하, 약 40 층 이하, 약 35 층 이하, 약 30 층 이하, 약 25 층 이하, 약 20 층 이하, 약 15 층 이하, 약 10 층 이하, 또는 약 5 층 이하일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0039] 본원의 제 2 측면은, 원자층증착 챔버에 위치된 전도성 투명 기재 상에 산화물 형성용 전구체를 주입한 후 산소 원자-함유 기체를 주입하여 반응시켜 원자층증착법에 의하여 산화물 층을 형성하고; 상기 산화물 층 상에 산화티타늄 형성용 전구체를 주입한 후 산소 원자-함유 기체를 주입하여 반응시켜 원자층증착법에 의하여 산화티타늄 층을 형성하는 것을 포함하는, 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조 방법을 제공한다. 상기 산화물 형성용 전구체 및 상기 산화티타늄 형성용 전구체는 공지의 전구체들 중에서 당업자가 적절히 선택하여 사용할 수 있으며, 특히 원자층증착법에 적절한 전구체를 선택하여 사용할 수 있다.
- [0040] 예를 들어, 상기 산화아연 전구체는, 예를 들어, 디에틸아연(diethyl zinc), 비스(펜타플루오로페닐)아연[Bis(pentafluorophenyl)zinc], 비스(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵타네디오나토)아연(II)[Bis(2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionato)zinc(II)], 디페닐아연(diphenylzinc), 아연(zinc), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있고, 상기 산화티타늄 전구체는, 예를 들어, 비스(테르트-부틸사이클로펜타디에닐)티타늄(IV)디클로라이드[(Bis(tert-butylcyclopentadienyl)titanium(IV)dichloride], 테트라키스(디에틸아미도)티타늄(IV)[tetrakis(diethylamido)titanium(IV)], 테트라키스(디메틸아미도)티타늄(IV)[tetrakis(dimethylamido)titanium(IV)], 테트라키스(에틸메틸아미도)티타늄(IV)[tetrakis(ethylmethylamido)titanium(IV)], 티타늄(IV) 디이소프로폭사이드 비스(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵타네디오네이트[titanium(IV) diisopropoxide bis(2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionate)]], 티타늄(IV) 이소프로폭사이드[titanium(IV) isopropoxide], 티타늄 테트라클로라이드(titanium tetrachloride), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산소 원자-함유 기체는 수증기, 산소 또는 오존을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0042] 상기 산화물 형성용 전구체와 상기 산화티타늄 형성용 전구체는 각각 기화시켜 전도성 투명 기재 상에 분사하여 흡착시키고, 상기 산소 원자-함유 기체를 상기 산화물 전구체와 상기 산화티타늄 전구체 상에 분사함으로써 화학적 산화를 진행할 수 있다. 이러한 상기 흡착, 치환 반응을 각각의 전구체를 통해 번갈아 진행함으로써 원자 수준의 복합체를 포함하는 차단층을 제조할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0043] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층을 형성하는 것과 상기 산화티타늄 층을 형성하는 것은 복수회 반복 수행하는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층을 형성하는 것과 상기 산화티타늄 층을 형성하는 것을 약 100 회 이하로 반복 수행하는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 산화물 층과 상기 산화티타

늄 층을 형성하는 것은, 예를 들어, 약 100 회 이하, 약 95회 이하, 약 90 회 이하, 약 85 회 이하, 약 80 회 이하, 약 75 회 이하, 약 70 회 이하, 약 65 회 이하, 약 60 회 이하, 약 55 회 이하, 약 50 회 이하, 약 45 회 이하, 약 40 회 이하, 약 35 회 이하, 약 30 회 이하, 약 25 회 이하, 약 20 회 이하, 약 15 회 이하, 약 10 회 이하, 또는 약 5 회 이하일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0045] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 산화물 층과 상기 산화티타늄 층 각각의 한 층의 두께는 단분자층 두께를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0046] 본원의 제 1 측면에 대하여 기술된 내용은 모두 본원의 제 2 측면에 적용될 수 있다.

[0047] 본원의 제 3 측면은, 상기 제 1 측면에 따른 염료감응 태양전지 광전극용 차단층 및 상기 차단층에 형성된 반도체 층을 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극을 제공한다.

[0048] 상기 염료감응 태양전지용 광전극은 상기 제 1 측면에 따른 염료감응 태양전지 광전극용 차단층을 포함하는 것으로서, 본원의 상기 제 1 측면 및 제 2 측면에 관한 상기 기술내용은 모두 본원의 제 3 측면에 적용할 수 있으며, 이에 중복 기재를 회피하기 위하여 그 기재를 생략한다.

[0049] 상기와 같은 방법으로 제조된 차단층에 형성된 반도체 층은, 예를 들어, 산화티타늄을 포함할 수 있으며, 상기 산화티타늄은 전자 전달 능력이 좋은 아나타아제(anatase) 결정성을 갖는 것을 선택하여 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0050] 본원의 제 4 측면은, 전도성 투명 기재에 원자층증착법에 의하여 산화물 층과 산화티타늄 층을 교대로 원자층증착법에 의하여 증착하여 산화물 층과 산화티타늄 층을 함유하는 복합층을 포함하는 차단층을 형성하고; 상기 차단층에 반도체 층을 형성하는 것을 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 제공한다.

[0051] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 차단층과 상기 반도체층을 열처리하는 것을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 열처리의 가열 온도는, 예를 들어, 약 400℃ 이상, 약 400℃ 내지 약 800℃, 또는 약 400℃ 내지 약 600℃ 일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0052] 본원의 제 4 측면에 대하여 본원의 상기 제 1 측면 내지 제 3 측면에 관한 상기 기술내용은 모두 적용될 수 있으며, 이에 중복 기재를 회피하기 위하여 그 기재를 생략한다.

[0053] 본원의 제 5 측면은, 상기 제 3 측면에 따른 염료감응 태양전지용 광전극; 상기 광전극에 흡착된 감광성 염료; 상기 염료가 흡착된 광전극에 대향되는 상대전극; 및 상기 광전극과 상기 상대전극 사이에 위치하는 전해질을 포함하는, 염료감응형 태양전지를 제공한다.

[0054] 본원의 제 5 측면에 대하여 본원의 상기 제 1 측면 내지 제 4 측면에 관한 상기 기술내용은 모두 적용될 수 있으며, 이에 중복 기재를 회피하기 위하여 그 기재를 생략한다.

[0055] 상기 광전극에 흡착된 감광성 염료는, 예를 들어, 감광성 염료가 포함된 용액에 침지함으로써 감광성 염료를 상기 광전극에 흡착시켜 코팅할 수 있다. 상기 감광성 염료는 당업계에 공지된 것을 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 유로퓸(Eu), 납(Pb), 이리듐(Ir), 또는 루테튬(Ru)을 포함하는 금속의 복합체 형태의 염료를 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 이들 중에서, 루테튬(Ru)은 백금족에 속하는 원소로서 많은 유기 금속 복합체를 형성할 수 있어, 루테튬(Ru)을 포함하는 감광성 염료가 많이 사용된다. 예를 들어, Ru(etcbpy)₂(NCS)₂·CH₃CN 타입이 많이 사용되고 있다. 여기에서 etc는 (COOEt)₂ 또는 (COOH)₂로서 상기 다공성 산화물 구조체(50) 표면과 같은 다공질 막과 결합이 가능한 작용기이다. 또한, 유기 색소 등을 포함하는 염료가 사용될 수도 있는데, 이러한 유기 색소로는, 예를 들어, 리보플라빈(riboflavin), 트리페닐메탄(triphenylmethane), 쿠마린(coumarin), 포르피린(porphyrin), 크산틴(xanthine) 등이 있다. 이들을 단독으로, 또는 루테튬(Ru) 복합체와 혼합 사용하여 장파장의 가시광선 흡수를 개선함으로써 광전 변환 효율을 보다 향상시킬 수 있다.

[0056] 상기 염료감응형 태양전지의 구성요소 가운데, 상기 상대전극은 상기 광전극에 대향되어 배치되어 있다. 상기 상대전극은, 전극용 투명 기재 상에 전도성 투명 전극이 형성되어 있는 전도성 투명 기재, 및, 선택적으로, 상

기 투명 전극 상에 형성된 전도층을 포함할 수 있다.

[0057] 상기 상대전극에 있어서 전도성 투명 기재는, 상기 광전극에 이용되는 전도성 투명 기재와 마찬가지로, 투명 기재 상에 전도성 투명 전극을 코팅 또는 증착하여 형성할 수 있다. 여기서, 상기 투명 기재로는 외부광의 입사가 가능하도록 투명성을 가지는 물질이라면 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 유리 기재 또는 투명 고분자 기재를 사용할 수 있다. 상기 투명 고분자 기재의 재료로는, 예를 들어, 폴리프로필렌(PP), 폴리에미드(PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리카보네이트(PC), 트리아세틸셀룰로오스(TAC), 또는 이들의 공중합체 등을 이용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 또한, 이러한 투명 기재 상에 형성되는 상기 전도성 투명 전극은, 인듐 틴 옥사이드(ITO), 플루오린 틴 옥사이드(FTO), 안티몬 틴 옥사이드(ATO), 산화아연(ZnO), 산화주석(SnO₂), ZnO-Ga₂O₃, ZnO-Al₂O₃, SnO₂-Sb₂O₃, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 전도성 금속 산화물을 포함하며, 예를 들어, 전도성, 투명성, 및 내열성이 우수한 산화주석(SnO₂), 또는 비용 면에서 저렴한 인듐 틴 옥사이드(ITO)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 여기에서, 상기 전도성 투명 기재를 사용하는 이유는 태양광이 투과되어 내부로 입사될 수 있도록 하기 위함이다. 그리고, 본원을 설명하는 명세서에서 "투명"이라는 단어의 의미는 소재의 광 투과율이 100%인 경우뿐만 아니라 광 투과율이 높은 경우를 모두 포함한다.

[0058] 한편, 상기 상대전극에 포함되는 상기 전도층은 산화·환원 쌍(redox couple)을 활성화시키는 역할을 하는 것으로, 백금(Pt), 금(Au), 루테튬(Ru), 팔라듐(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os), 탄소(C), 산화텅스텐(WO₃), 산화티타늄(TiO₂), 또는 전도성 고분자 등의 전도성 물질을 포함할 수 있다. 이러한 상대전극의 일면에 형성된 전도층은 반사율이 높을수록 효율이 우수하므로, 반사율이 높은 재료를 선택하는 것이 바람직하다.

[0059] 염료감응형 태양전지의 구성요소 가운데, 상기 광전극과 상기 상대전극 사이에는 전해질이 주입되어 있다. 상기 전해질은, 예를 들어, 요오드화물(iodide)을 포함하며, 산화·환원에 의해 상대전극으로부터 전자를 받아 전자를 잃었던 염료분자에게 받은 전자를 전달하는 역할을 수행한다. 상기 전해질은 광전극의 기공 내부로 균일하게 분산되어 있을 수 있다. 상기 전해질은 전해액으로 이루어질 수 있으며, 상기 전해액은 요오드화물(iodide)/삼요오드화물(triiodide) 쌍으로서 산화·환원에 의해 상대전극으로부터 전자를 받아 염료분자에게 전달하는 역할을 수행하는 물질을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 전해질로서는 요오드(Iodine, I₂)를 아세토니트릴(ACN)에 용해시킨 용액 등을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니며, 홀 전도 기능이 있는 것이라면 특별히 제한 없이 사용할 수 있다. 본원의 일 실시예에 있어서, 상기 전해질로서는 0.1 M의 리튬 요오드화물(Lithium iodide), 0.05 M의 요오드(Iodine, I₂), 및 0.5 M의 4-tert-부틸피리딘(4-tert-butylpyridine, 4-TBP)을 아세토니트릴(ACN)에 용해시켜 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0060] 상기 광전극과 상기 상대전극의 가장자리에는 밀봉부가 형성될 수 있다. 상기 밀봉부는 열가소성 고분자물질을 포함하며, 열 또는 자외선에 의하여 경화된다. 구체적인 예로서, 밀봉부는 에폭시 수지를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 밀봉부로서 수십 마이크로미터 두께의 고분자 필름을 광전극과 상대전극 사이에 끼워 넣어 간격을 유지할 수 있다.

[0061] 상기와 같이 형성된 염료감응형 태양전지에 있어서, 상기 차단층은 전도성 투명 기재 상에 원자층증착법에 의해 형성된 산화물 층과 산화티타늄 층을 포함하는 복합층을 포함하는 차단층으로서, 전도성 투명 기재에서 산화티타늄과 산화물의 분자 흡착과 치환을 번갈아 진행하여 원자층증착법에 의해 원자층 두께의 초미세 층간 증착이 가능하다. 또한, 상기 차단층의 산화티타늄 입자 사이에 핀홀(pinhole)이 발생하는 것을 억제하여, 상기 차단층 아래에 있는 전도성 투명 기재가 드러나게 되어 전지의 효율을 감소시키는 것을 방지할 수 있고, 이로 인해 전도성 기재와 전지 내의 전해질 계면에서 이뤄지는 전자 재결합을 감소시킴으로써 성능이 개선된 염료감응 태양전지의 제조가 가능하다. 따라서 상기 차단층을 적용하여 광-전기변환효율을 증가시킴으로써, 이를 이용하는 염료감응형 태양전지의 효율을 향상시킨다.

[0062] 이하, 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본원이 이에 제한되지 않을 수 있다.

[실시예]

[0064] 실시예 1: 염료감응 태양전지 광전극용 차단층의 제조

[0065] 투명 전도성 기재는 투명한 유리기재 상에 전도성의 투명전극을 형성하였다. 상기 투명 전도성 기재 상에 산화물과 산화티타늄을 포함하는 산화물 복합체로서 차단층을 형성하였다. 구체적으로, 상기 산화물과 산화티타늄을 포함하는 차단층은 우선, 산화물의 일종인 산화아연의 전구체로서 디에틸아연(diethylzinc)을 기화시켜 상기 전도성 투명 기재 상에 분사하였다. 다음으로, 기화된 물 분자를 산화아연 전구체 위에 다시 분사시킴으로써 화학적으로 치환하여 단층의 초미세 산화아연 산화막을 형성하였다. 산화아연 산화물 상에 산화티타늄 전구체인 사염화티타늄을 기화시켜 분사하고, 기화된 물 분자를 산화티타늄 전구체 위에 다시 분사시킴으로써 화학적으로 치환하여 단층의 초미세 산화티타늄 산화막을 형성하였다. 상기 산화물 층의 제조는 80℃ 챔버 내에서 수행되었다. 상기 형성된 복합 산화티타늄/산화아연 막은 무정형의 상태이며, 상기 층에 대한 열처리하는 추가로 진행하지 않을 수 있다. 이는, 차단층 형성 후 광전극 형성을 위한 반도체 산화물로서 이산화티타늄을 허용하여 광전극을 제조할 경우, 필요한 열처리가 동시에 진행될 수 있기 때문이다, 이제 제한되지 않을 수 있다. 상기 분사, 치환과정을 진행하여 각각의 단층을 포함하고 있는 복합 차단층을 형성한 후, 상기 과정을 각각 50 회씩 반복하여 총 10 nm의 막을 형성하였다.

[0066] 상기 산화아연 층과 상기 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 상기 차단층의 에너지 분산형 X-선 발광분석기(Energy Dispersive X-ray Fluorescence, ED-XRF)를 이용하여 형성된 산화막의 성분을 분석하여, 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다:

표 1

성분	차단층 비포함 (%)	차단층 포함 (%)
TiO ₂	nd	1.29
ZnO	nd	0.70
SnO ₂	100.00	98.02
Total	100.00	100.00

[0067]

[0068] 표 1에 나타낸 바와 같이, 상기 형성된 산화아연 층과 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층이 포함되어 있지 않은 광전극은, 이산화티타늄(TiO₂) 층과 전도성 투명 기재의 성분인 이산화주석(SnO₂) 성분이 확인되었다. 반면에 상기 차단층이 포함된 광전극은, 이산화티타늄(TiO₂)과 산화아연(ZnO) 성분이 모두 확인되었다.

[0069] 실시예 2: 복합층으로 형성된 차단층을 포함하는 염료감응 태양전지의 제조

[0070] 상기 차단층이 형성된 상기 투명 전도성 기재에 18 nm의 산화티타늄 층을 5 μm 두께로 형성하였다. 상기 형성된 산화티타늄 층은 태양전지의 광전극이다. 상기 차단층과 광전극은 500℃의 가열 소성 공정을 15 분 동안 실시하는 열처리 과정을 거친다. 상기 열처리 과정 후에 염료를 흡착하는데, 광전극을 이루는 산화티타늄 표면에 흡착되어 있는 염료분자로는 루테늄(Ruthenium) 또는 쿠마린계(Coumarin) 염료 분자인 N719 염료를 사용하였다. N719를 0.5 mM 농도로 무수에탄올에 분산시켜 광전극을 하루 동안 담가 염료를 흡착시켰다.

[0071] 광전극의 반대전극은 투명 전도성 기재와 평행하게 배치되어 있으며, 유리 등 기재에 투명 전극이 형성되어 있으며, 백금층이 형성되어 있다. 구체적으로, 백금층의 형성은, H₂PtCl₆ solution을 투명 전도성 기재에 바르고 45℃ 핫플레이트(hot plate)에 의해 용매를 증발시켰다. 450℃에서 30 분 동안 열처리를 통해 투명 전도성 기재에 백금층을 형성하였다. 광전극과 백금이 도포된 전극 사이에는 전해질 층이 있으며, 또한 광전극의 기공 내부에도 위치한다. 전해질은 요오드계 산화-환원 쌍을 갖는 액체 전해질을 사용하였다. 예를 들면, 0.05 M 요오드화 리튬(Lithium iodide), 0.03 M 요오드(Iodine), 0.7 M 1-부틸-3-메틸이미다졸리움 이오다이드(1-butyl-3-methylimidazolium iodide, BMII), 0.1 M 구아니디늄 티오시아네이트(guanidinium thiocyanate, GSCN), 및 0.5 M 4-테트라부틸피리딘(4-tertbutylpyridine, TBP)을 아세토나이트릴(Acetonitrile) 및 발레로니

트릴(Valeronitrile)에 용해 시킨 후 사용하였으며, 전해질 용액이 새어 나오지 않도록 하기 위하여 60 μm 두께의 설린(Surlin)을 사용하였다.

[0072] 상기 실시예에 따라 제조된 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지를 AM 1.5, 100 mW/cm^2 조건에서 전류밀도(J_{sc}), 전압(V_{oc}), 충전계수(FF) 및 에너지 변환효율(EFF) 값을 측정하였다. 상기 차단층 상에는 상기 광전극이 형성되어 있고, 상기 광전극 상에는 상기 염료분자가 흡착되어 있다. 상기 차단층은 전구체에 따라 성분을 제어할 수 있고, 전구체 분사 횟수에 따라 두께를 제어할 수 있다. 기존의 차단층은 단일 성분만을 포함하고 있었으나, 복합체를 형성할 때 각각의 전구체에 따른 광전 특성 향상을 기대할 수 있고, 차단층은 1 μm 이하의 두께 범위를 포함할 수 있다.

[0073] 전류밀도-전압 특성(J-V characteristic)은 소스미터(sourceter)를 이용하여 측정하였으며, 태양광(solar light)을 시뮬레이션하기 위해서 xenon lamp(300W, Oriel)를 이용하였다.

[0074] 도 2는, 산화아연 층과 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층을 포함하는 염료감응형 태양전지의 전류-전압(I-V) 특성 그래프이다. 도 2에 나타난 바와 같이, 산화아연 층과 산화티타늄 층의 복합체를 포함하는 차단층의 경우 차단층을 포함하고 있지 않은 전극과 대비하여 높은 전류 밀도, 전압, 충전률의 특성을 가지는 것으로 나타났다. 특히, 원자층증착법을 이용한 차단층 증착은 더 균일한 층을 제조할 수 있기 때문에 광전변환 효율에 유리하다.

[0075] 도 2에 나타난 비교예는, 본 실시예에서 원자층증착법에 의해 상기 산화아연 층과 산화티타늄 층을 교대로 반복하여 증착시킨 복합층을 제조하는 대신, 산화아연 층과 산화티타늄의 이중의 물질을 원자층증착법에 의해 각각 하나의 층을 증착시킨, 즉, 총 두 층을 포함하는 차단층을 비교예로서 제조하였으며, 상기 차단층 제조 방법 이외에 다른 과정은 동일하게 수행하여 형성된 차단층을 포함한 태양전지의 성능을 나타내는 것이다.

[0076] 즉, 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 총 두 층을 포함하는 차단층을 포함하는 비교예의 염료감응 태양전지와 비교하여 본 실시예의 조미세 다층 막으로서 제조된 차단층을 포함하는 경우에서 더 높은 전류 밀도, 전압, 충전률을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

[0077] 도 3은, 산화아연 층과 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층을 포함하는 염료감응형 태양전지의 임피던스(impedance) 특성 그래프이다. 도 3의 그래프에는 2 개 또는 3 개의 반원을 포함하고 있다. 상기 도 3의 그래프의 x축은 실제의 계면저항을 나타내며, y축은 가상의 계면저항을 나타내고, 대개 x축의 저항값으로 전극의 계면저항을 확인할 수 있다. 낮은 저항에서 나타나는 첫 번째 반원은, 상기 상대전극과 상기 전해질 사이의 계면저항을 나타내고, 밴드 에너지 변화에 따른 전류 밀도 변화와 관련이 있으며, 상기 산화아연 층과 상기 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층을 포함하고 있는 전극의 경우와 포함하고 있지 않은 전극의 차이는 거의 없었다. 두 번째 반원은, 상기 광전극과 상기 전해질 사이의 계면저항을 나타내고, 광전극과 전해질 계면에서 발생하는 전자 재결합과 관련이 있으며, 상기 전자 재결합은 광전변환 효율 증가에 반비례한다. 상기 산화아연 층과 상기 산화티타늄 층의 복합층을 포함하는 차단층을 포함하고 있는 경우 재결합 저항이 증가된 것으로 보아, 이로 인해 전자의 재결합이 감소되고, 광전변환 효율이 증가하는 것을 알 수 있었다.

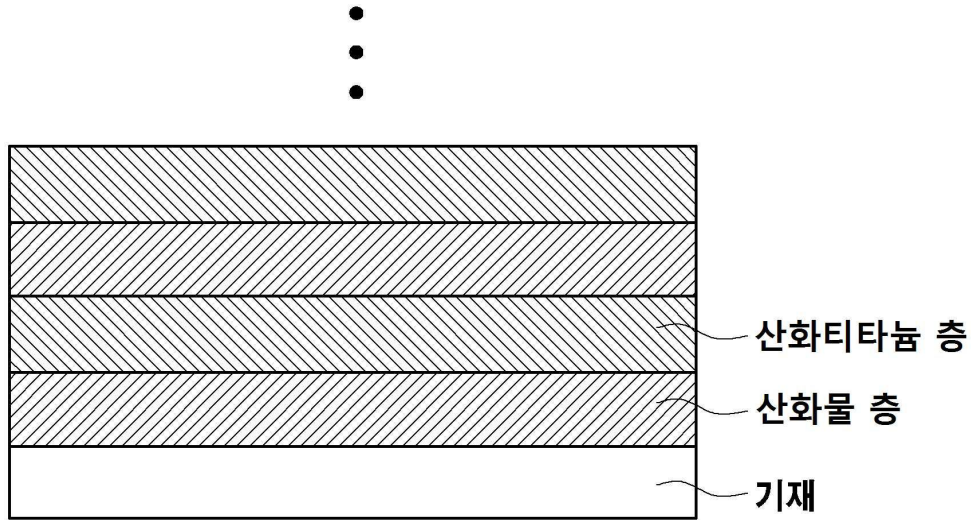
[0078] 도 3에서, 첫 번째 바깥쪽 반원의 경우 차단층 포함 전극은 저항값이 다소 높지만 거의 차이가 없었다. 그러나 두 번째 내부 반원에서 차단층 비포함 전극의 저항값이 작은 것을 확인할 수 있었고, 이로 인해 차단층 포함 전극에서의 광전극/전해질 계면의 저항값이 약 10-15 Ω 감소되었다.

[0079] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

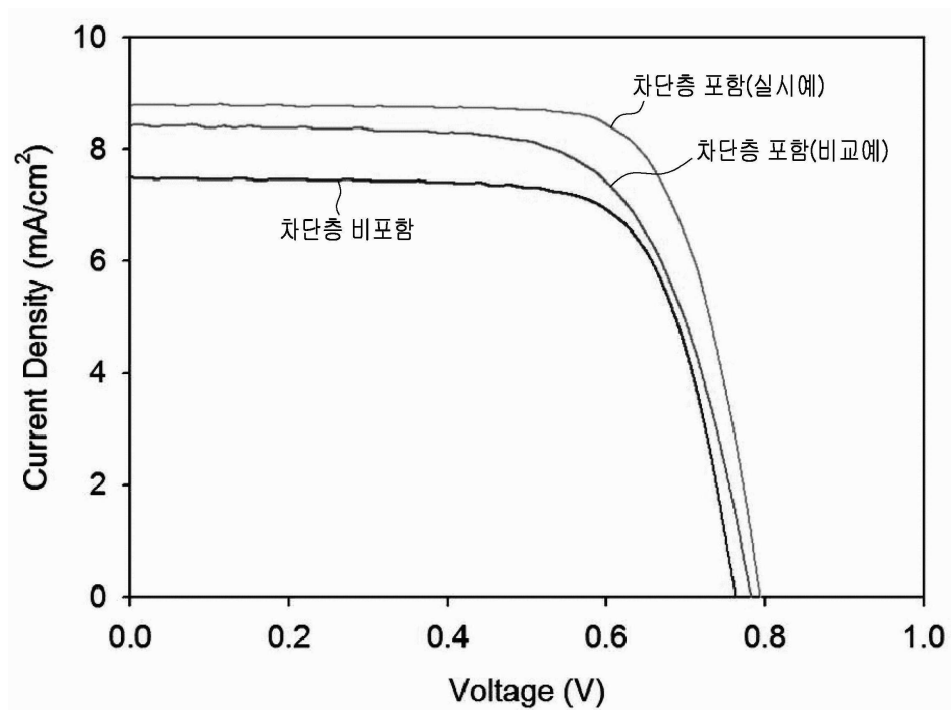
[0080] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

도면1



도면2



도면3

